

**Publication Number:** DE1805789A

**Publication Date:** 1970-05-21

**Title of the Invention:** Nonlinear spring system using permanent magnets

**Abstract:** Load-deflection characteristic of a spring system is obtained such that load with increasing spring travel steeply rises from zero in the first part, then becomes substantially flat and even in the second part, and finally steeply rises again in the third part as strong as in the first part. The spring system is developed as a combination of a linear spring and non-linear spring. The non-linear spring uses several permanent magnets producing magnetic reciprocal effect therebetween.

51

Int. Cl.:

F 16 f, 6/00

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.:

47 a3, 6/00

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 1805 789

Aktenzeichen: P 18 05 789.1

Anmeldetag: 29. Oktober 1968

Offenlegungstag: 21. Mai 1970

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung: Nichtlineares Federsystem unter Verwendung von Permanentmagneten

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Breitbach, Dipl.-Ing. Elmar, 3400 Göttingen

Vertreter: —

72

Als Erfinder benannt: Erfinder ist der Anmelder

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960):  
Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DI 1805 789

ORIGINAL INSPECTED

5.70 009 821-1284

70

Dipl.-Ing. E. Breitbach

1805789

34. Göttingen

Ewaldstraße 17

## Nichtlineares Federsystem unter Verwendung von Permanentmagneten

### Beschreibung:

Die Erfindung bezieht sich auf ein nichtlineares Federsystem, dessen Kennlinie gemäß Fig. 1 so geartet ist, daß die Belastung des Federsystems mit anwachsendem Federweg vom Wert Null an zunächst im Teil I der Kennlinie steil ansteigt, daß die Belastung dann im Teil II wesentlich flacher verläuft und sogar, entsprechend einer negativen Steifigkeit, absinken kann, wie es der Teil IIa der Kennlinie zeigt, und daß die Belastung schließlich im Teil III der Kennlinie wieder mit ähnlich starker Steigung wie in Teil I ansteigt.

Solche Federsysteme sind gegenüber linearen Federsystemen immer dann von Vorteil, wenn bei der Aufhängung bzw. Lagerung von Lasten, z. B. von Maschinen, Fahrzeugen, Meßgeräten usw., gleichzeitig mit der Forderung nach großer Weichheit der Aufhängung, d. h. niedriger Aufhängefrequenz, auch die Forderung nach geringen statischen Federauslenkungen erfüllt sein muß.

Federsysteme mit nichtlinearen Kennlinien der oben beschriebenen Art sind in vielen verschiedenen konstruktiven Ausführungsformen seit langem bekannt. Sie lassen sich z. B. mit Hilfe von Tellerfedern erzeugen, s. DUBBEL, Taschenbuch für den Maschinenbau, Bd. 1, S. 669, 12. Auflage 1961. Eine andere Möglichkeit ist in Fig. 2 dargestellt. Als Federn können dabei z. B. Schraubenfedern oder Gummifedern verwendet werden. Weitere Beispiele sind in den Deutschen Patentschriften Nr. 836418, 860878, 861624, 969854 enthalten. Außer

009821/1284

BAD ORIGINAL

diesen Beispielen gibt es noch eine Anzahl ähnlich aufgebauter Federsysteme mit der oben beschriebenen nichtlinearen Charakteristik.

Alle diese Federsysteme sind jedoch mit Nachteilen verbunden, durch die ihr Einsatzbereich zum Teil stark eingeschränkt werden kann. Für viele Konstruktionsaufgaben ist die relativ große Reibung, die insbesondere bei Tellerfeder-Systemen sehr stark ist, von Nachteil. Besondere Schwierigkeiten bereitet bei jedem der oben beschriebenen Federsysteme sowohl die Anpassung an Veränderungen der statischen Belastung als auch die Veränderung der Steifigkeit der Kennlinie im Arbeitspunkt A, s. Fig. 1. Beides kann, wenn überhaupt, nur mit unverhältnismäßig hohem konstruktiven Aufwand erreicht werden.

Die genannten Nachteile lassen sich mit einem Federsystem, wie es in der Anmeldung vorgeschlagen wird, vermeiden.

Das Federsystem, auf welches sich die Erfindung bezieht, ist dadurch gekennzeichnet, daß es gemäß Fig. 3 als Kombination einer linearen Feder und einer dazu parallel geschalteten nichtlinearen Feder aufgebaut ist, von denen die nichtlineare Feder außer den erforderlichen Führungsmitteln hauptsächlich aus zwei in eindeutiger Weise relativ zueinander beweglichen Teilen besteht, auf denen mehrere Permanentmagnete so befestigt sind, daß durch die zwischen den beiden Teilen während einer Relativbewegung sowohl in Bewegungsrichtung als auch entgegengesetzt wirkenden Kräfte, die infolge der magnetischen Wechselwirkung zwischen den Permanentmagneten des einen Teils und zwischen denen des anderen Teils entstehen, eine Kennlinie der nichtlinearen Teilfeder entsteht, die gemäß Fig. 3b so geartet ist, daß die Federbelastung in Abhängigkeit von der Relativbewegung zunächst vom Wert Null an bis auf ein Maximum ansteigt, von dort wieder bis auf Null absinkt, nach Umkehrung des Vorzeichens ein Minimum erreicht und schließlich wieder bis auf

009821/1284

BAD ORIGINAL

Null ansteigt. In Fig. 3 ist im Prinzip dargestellt, wie durch Ueberlagerung der Kennlinie einer derartigen nichtlinearen Feder, Fig. 3b, und der Kennlinie einer linearen Feder, Fig. 3a, die in Fig. 3c dargestellte Kennlinie des nichtlinearen Federsystems entsteht.

Gemäß der Erfindung ist das nichtlineare Federsystem weiterhin so ausgebildet, daß die magnetischen Achsen aller auf den beiden Teilen der nichtlinearen Teilfeder befestigten Permanentmagnete rechtwinklig zur Richtung der Relativbewegung verlaufen, daß die magnetische Achse eines jeden Magneten des einen Teils im Laufe der Relativbewegung nacheinander mit den magnetischen Achsen aller Magnete des anderen Teils zusammenfällt und daß die Permanentmagnete auf jedem der beiden Teile der nichtlinearen Teilfeder in Richtung der Relativbewegung in alternierender Reihenfolge, d. h. unter stetigem Wechsel von Nord- und Südpol, aufeinander folgen.

In einer weiteren Ausbildung ist das nichtlineare Federsystem erfindungsgemäß so ausgebildet, daß sowohl die Magnete des einen Teils als auch die Magnete des anderen Teils der nichtlinearen Teilfeder in jeweils gleichen Abständen in Richtung der Relativbewegung angeordnet sind, und zwar so, daß jedes zu je zwei benachbarten Magneten des einen Teils gehörige Paar magnetischer Achsen im Laufe der Relativbewegung nacheinander mit allen zu ebenfalls je zwei benachbarten Magneten des anderen Teils gehörigen Paaren magnetischer Achsen zusammenfällt.

Unter Berücksichtigung der beiden in der Technik am häufigsten vorkommenden Bewegungsformen kann das nichtlineare Federsystem erfindungsgemäß entweder so ausgebildet werden, daß die Relativbewegung geradlinig verläuft, oder so, daß die Relativbewegung eine reine Drehbewegung ist.

In Fig. 4 ist ein einfaches gemäß der Erfindung aufgebautes nichtlineares Federsystem dargestellt, dessen Federauslenkung geradlinig verläuft. Auf

dem äußeren Teil 2 sind drei in radialer Richtung magnetisierte Ringmagnete 4 in gleichen Abständen voneinander befestigt. Bei ihnen ist jeweils der gesamte innere Umfang als magnetischer Pol ausgebildet. Ein ebenfalls in radialer Richtung magnetisierter Scheibenmagnet 1, dessen gesamter äußerer Umfang als magnetischer Pol ausgebildet ist, bewegt sich innerhalb des äußeren Teils 2 in Richtung der Geraden 3. Die lineare Feder 5 verbindet die beiden relativ zueinander beweglichen Teile 1 und 2. Sowohl die Ringmagnete 4 als auch den Scheibenmagneten 1 kann man sich aus vielen kleinen gleichmäßig am Umfang verteilten Stabmagneten zusammengesetzt denken, deren magnetische Achsen die Gerade 3 senkrecht und für jeden Ring- bzw. Scheibenmagneten in einem Punkt schneiden.

Der Aufbau zweier nichtlinearer Teilfedern, wie sie in gemäß der Erfindung ausgebildeten nichtlinearen Federsystemen enthalten sind, in denen die Federauslenkung eine reine Drehbewegung ist, ist in den Fig. 5 und 6 dargestellt.

Auf den beiden relativ zueinander beweglichen Teilen 1 und 2 der in Fig. 5 dargestellten nichtlinearen Teilfeder sind die Magnete 4 erfindungsgemäß so angeordnet, daß die zugehörigen magnetischen Achsen die Mantellinien eines Kreiszylinders und daß die Drehachse 3 die Achse dieses Kreiszylinders bilden. Auf jedem der beiden Teile 1 und 2 sind vier Permanentmagnete angebracht. Der Abstand zwischen zwei benachbarten magnetischen Achsen ist immer gleich groß.

Auf den beiden relativ zueinander beweglichen Teilen 1 und 2 der in Fig. 6 dargestellten nichtlinearen Teilfeder sind die Magnete 4 so angeordnet, daß die zugehörigen magnetischen Achsen die Drehachse 3 ~~nicht~~ senkrecht schneiden und außerdem alle in einer Ebene liegen. Auch hier sind auf jedem der beiden Teile 1 und 2 je vier Magnete 4 angebracht. Zwei benach-

barte magnetische Achsen schließen immer einen rechten Winkel ein.

Das nichtlineare Federsystem, auf welches sich die Erfindung bezieht, zeichnet sich gegenüber den bekannten Federsystemen durch mehrere sehr günstige Eigenschaften aus:

1. Veränderung der in Fig. 3b dargestellten Kennlinien-Steilheit  $\operatorname{tg} \alpha$  und damit auch Veränderung der in Fig. 3c im Arbeitspunkt A vorhandenen differentiellen Steifigkeit  $\operatorname{tg} \beta$  ist möglich durch
  - a) gegenseitige Verschiebung der auf dem einen Teil der nichtlinearen Teilfeder befindlichen Pole gegen die auf dem anderen Teil befindlichen Pole in Richtung der magnetischen Achsen oder senkrecht dazu,
  - b) Veränderung der magnetischen Widerstände.
2. Einfache Anpassung an veränderliche statische Belastungen.
3. Die im Federsystem, insbesondere im nichtlinearen Teilsystem, vorhandene Reibung ist extrem gering (nur Luftreibung zwischen den Magnetpolen und innere Materialreibung in der linearen Feder). Diese Eigenschaft ist sehr wertvoll beim Bau empfindlicher seismischer Meßgeräte usw.
4. Geringer konstruktiver Aufwand
5. Geringer Platzbedarf
6. In der nichtlinearen Teilfeder sind keine Teile vorhanden, in denen infolge der Federauslenkung mechanische Spannungen entstehen. Die Gefahr von Dauerbrüchen scheidet also aus.

7. Das Erreichen extrem niedriger Aufhängefrequenzen ist sehr einfach.

Ein wirtschaftlicher Einsatz des nichtlinearen Federsystems, auf welches sich die Erfindung bezieht, ist wegen der genannten Vorzüge in vielen Bereichen der Technik möglich, und zwar z. B. auf den folgenden Gebieten:

1. Schwingungsisolierende Lagerung bzw. Aufstellung von Maschinen (aktiver und passiver Erschütterungsschutz)
2. Erschütterungssichere Aufstellung empfindlicher Apparaturen und Meßgeräte (passiver Erschütterungsschutz)
3. Bau von extrem niederfrequent abgestimmten seismischen Meßgeräten, z. B. Seismographen.
4. Federung von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen zur Abwehr von Erschütterungen infolge von Unebenheiten der Fahrbahn.

009821/1284

BAD ORIGINAL



## Patentansprüche 1 bis 7

1. Nichtlineares Federsystem, dessen Belastungs-Auslenkungs-Kennlinie so geartet ist, daß die Belastung mit anwachsendem Federweg im ersten Teil der Kennlinie zunächst von Null an steil ansteigt, daß die Belastung dann im zweiten Teil der Kennlinie in Abhängigkeit von der Auslenkung wesentlich flacher verläuft und sogar, entsprechend einer negativen Steifigkeit, absinken kann und daß die Belastung schließlich im dritten Teil der Kennlinie mit ähnlich starker Steigung wie im ersten Kennlinienteil weiter ansteigt,

dadurch gekennzeichnet, daß das Federsystem als Kombination einer linearen Feder und einer dazu parallel geschalteten nichtlinearen Feder aufgebaut ist, von denen die nichtlineare Feder außer den erforderlichen Führungsmitteln hauptsächlich aus zwei in eindeutiger Weise relativ zueinander beweglichen Teilen besteht, auf denen mehrere Permanentmagnete so befestigt sind, daß durch die zwischen den beiden Teilen während einer Relativbewegung sowohl in Bewegungsrichtung als auch entgegengesetzt wirkenden Kräfte, die infolge der magnetischen Wechselwirkung zwischen den Permanentmagneten des einen Teils und zwischen denen des anderen Teils entstehen, eine Kennlinie der nichtlinearen Teilfeder entsteht, die so geartet ist, daß die Federbelastung

in Abhängigkeit von der Relativbewegung zunächst vom Wert Null an bis auf ein Maximum ansteigt, von dort wieder bis auf Null absinkt, nach Umkehrung des Vorzeichens ein Minimum erreicht und schließlich wieder bis auf Null ansteigt.

2. Nichtlineares Federsystem nach Anspruch 1., dadurch gekennzeichnet, daß die magnetischen Achsen aller auf den beiden Teilen der nichtlinearen Teilfeder befestigten Permanentmagnete rechtwinklig zur Richtung der Relativbewegung verlaufen, daß die magnetische Achse eines jeden Magneten des einen Teils im Laufe der Relativbewegung nacheinander mit den magnetischen Achsen aller Magnete des anderen Teils zusammenfällt und daß die Permanentmagnete auf jedem der beiden Teile der nichtlinearen Teilfeder in Richtung der Relativbewegung in alternierender Reihenfolge, d. h. unter stetigem Wechsel von Nord- und Südpol, aufeinander folgen.
3. Nichtlineares Federsystem nach Anspruch 2., dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Magnete des einen Teils als auch die Magnete des anderen Teils der nichtlinearen Teilfeder in jeweils gleichen Abständen in Richtung der Relativbewegung angeordnet sind, und zwar so, daß jedes zu je zwei benachbarten Magneten des einen Teils gehörige Paar magnetischer Achsen im Laufe der

Relativbewegung nacheinander mit allen zu ebenfalls je zwei benachbarten Magneten des anderen Teils gehörigen Paaren magnetischer Achsen zusammenfällt.

4. Nichtlineares Federsystem nach einem der Ansprüche 1. bis 3., dadurch gekennzeichnet, daß die Relativbewegung geradlinig verläuft.
5. Nichtlineares Federsystem nach einem der Ansprüche 1. bis 3., dadurch gekennzeichnet, daß die Relativbewegung zwischen den Magneten der beiden Teile der nichtlinearen Teilfeder infolge einer reinen Drehbewegung kreisförmig verläuft.
6. Nichtlineares Federsystem nach Anspruch 5., dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete so angeordnet sind, daß die zugehörigen magnetischen Achsen die Mantellinien eines Kreiszylinders und daß die Drehachse der Relativbewegung die Zylinderachse bilden.
7. Nichtlineares Federsystem nach Anspruch 5., dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete so angeordnet sind, daß die zugehörigen magnetischen Achsen die Drehachse senkrecht schneiden und außerdem alle in einer Ebene liegen.

---

10  
Leerseite

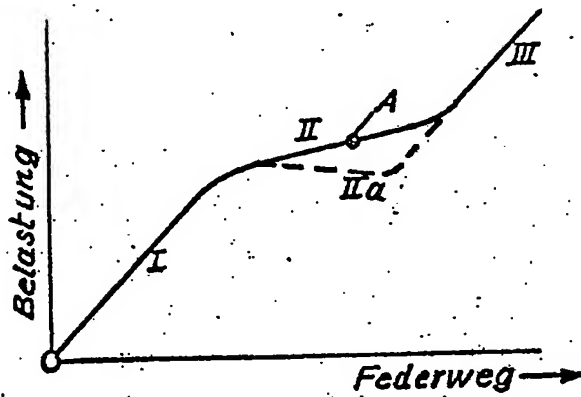


Fig. 1

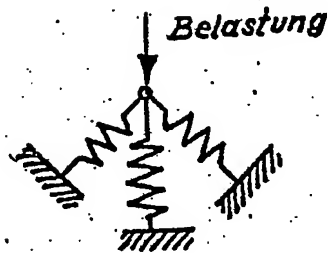
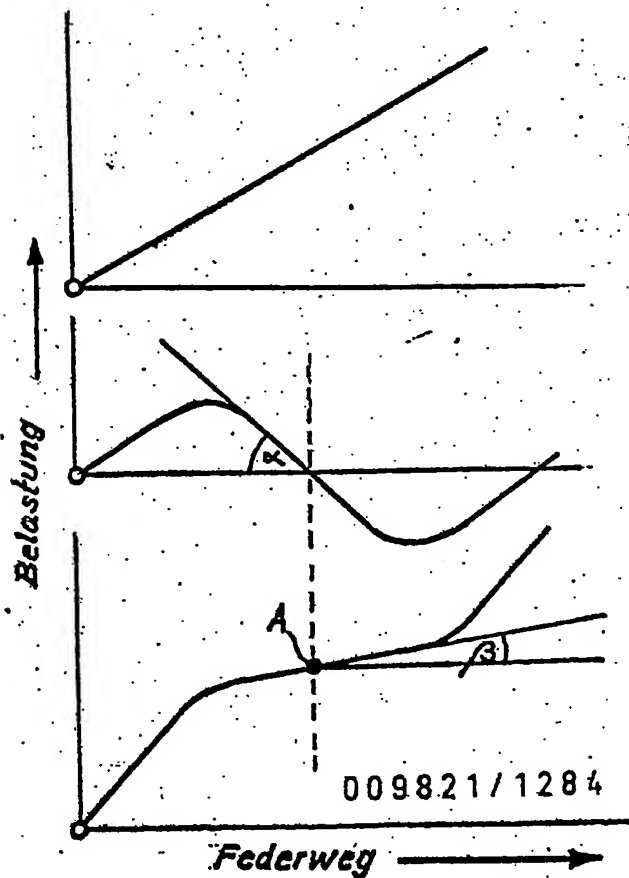


Fig. 2

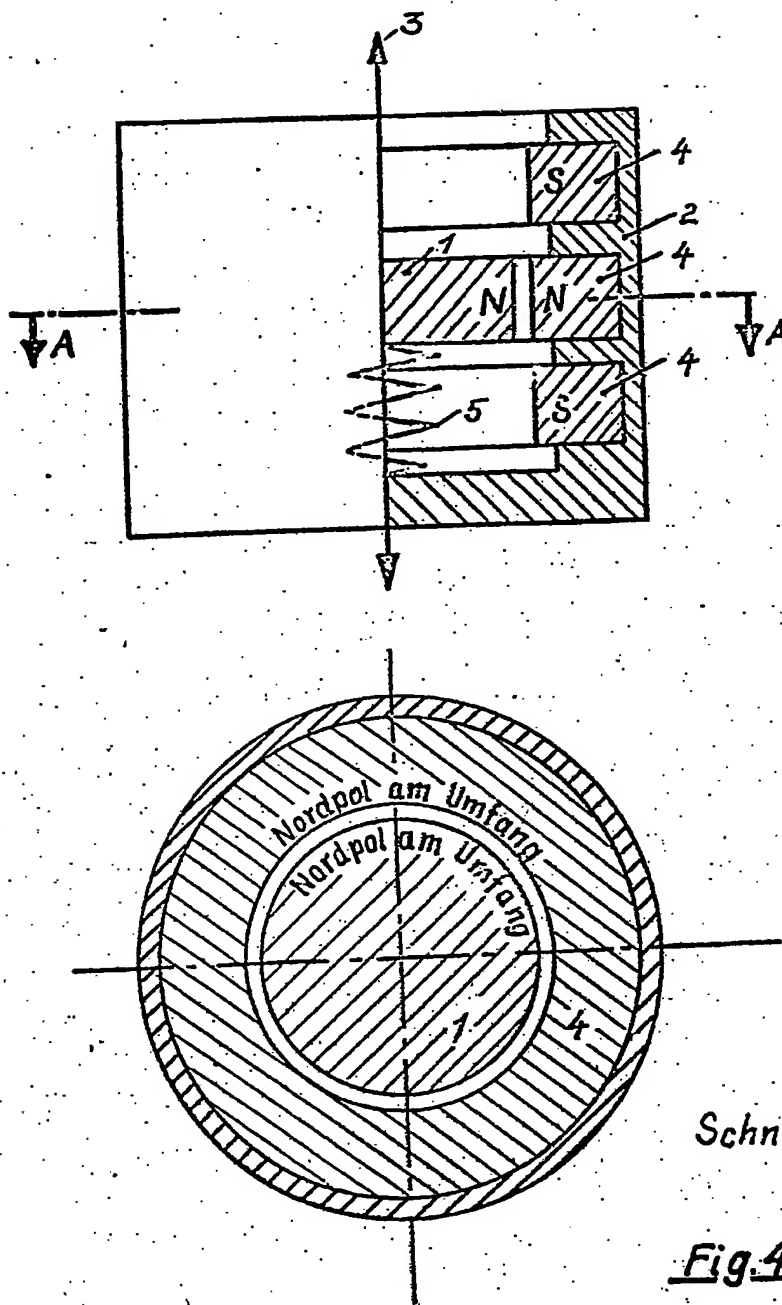


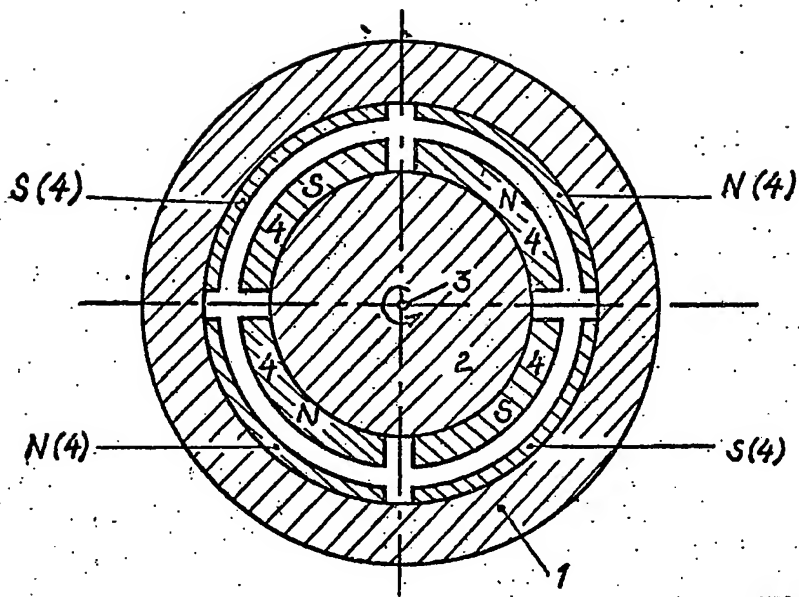
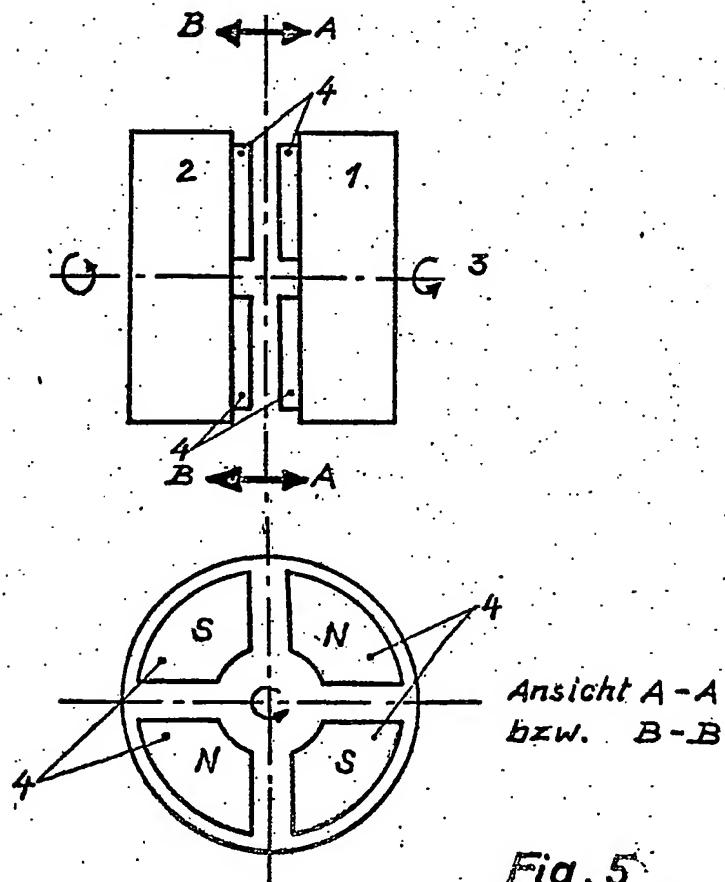
a. lineare Feder

b. nichtlineare  
Teilfeder

c. Superposition  
von a. und b.

Fig. 3



Fig. 6Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**